

SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent Number: JP2001345514
Publication date: 2001-12-14
Inventor(s): WATANABE MINORU
Applicant(s): TOSHIBA CORP
Requested Patent: ☐ JP2001345514
Application Number: JP20000164673 20000601
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S5/22; H01S5/16; H01S5/227; H01S5/343
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser that has two kinds of light sources mounted on the same chip in a monolithic state and at the same time, can be operated by high output for writing to an optical disk, and to provide a method for manufacturing the semiconductor laser device.

SOLUTION: On the identical semiconductor substrate 1, a first semiconductor laser structure body 8 having a first wavelength band and a second semiconductor laser structure body 15 having a second wavelength band are formed monolithically, and each laser output end face of the first and second semiconductor laser structure bodies 8 and 15 is changed into a disordered state by a common Zn diffusion process for forming window structure, thus obtaining a high output.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-345514

(P2001-345514A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001. 12. 14)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/22
5/16
5/227
5/343

識別記号

6 1 0

F I

H 0 1 S 5/22
5/16
5/227
5/343

テーマコード* (参考)

6 1 0 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-164673 (P2000-164673)

(22) 出願日 平成12年6月1日 (2000. 6. 1)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 渡 邊 実

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

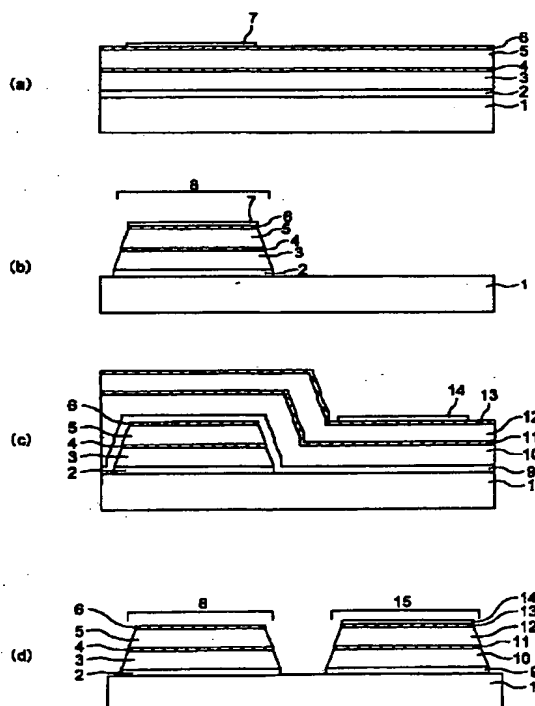
Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA51 AA73 AA74
AA87 AB06 BA05 CA05 CA06
CA14 DA05 DA12 DA22 DA25
DA35

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 二種類の光源を同一チップ上にモノリシックに搭載し、かつ光ディスクへの書き込みを行うことができるように高出力動作が可能な半導体レーザ装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 同一の半導体基板1上に、第1の波長帯を有する第1の半導体レーザ構造体8と、第2の波長帯を有する第2の半導体レーザ構造体15とがモノリシックに形成され、第1、第2の半導体レーザ構造体8、15のそれぞれのレーザ出力端面が、共通のZn拡散工程によって無秩序化して窓構造が形成されていることで、高出力を得ることが可能である。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に形成され、第1の発振波長を有する第1の半導体レーザ構造体と、
前記半導体基板上に形成され、第2の発振波長を有する第2の半導体レーザ構造体とを備え、
前記第1、第2の半導体レーザ構造体のそれぞれのレーザ出力端面が、不純物拡散により無秩序化して、前記第1及び第2の発振波長のレーザ光に対して非吸収領域となっていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】第1の導電型の半導体基板と、
前記半導体基板上に形成された第1の導電型の第1のクラッド層と、
前記第1のクラッド層上に形成された第1の発振波長を有する第1の活性層と、
前記第1の活性層上に形成された第2の導電型の第2のクラッド層と、
第1のストライプ状の電流狭窄構造とを少なくとも有する第1の半導体レーザ構造体と、
前記半導体基板上に形成された第1の導電型の第3のクラッド層と、
前記第3のクラッド層上に形成された第2の発振波長を有する第2の活性層と、
前記第2の活性層上に形成された第2の導電型の第4のクラッド層と、
第2のストライプ状の電流狭窄構造とを少なくとも有する、前記第1の半導体レーザ構造体とモノリシックに形成された第2の半導体レーザ構造体と、
前記第1及び第2のストライプ状の電流狭窄構造に垂直なレーザ端面近傍において、
前記第1及び第2の活性層が不純物拡散により実効的にバンドギャップが大きくなることにより、前記第1及び第2の発振波長のレーザ光に対して非吸収領域となっていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】前記第1及び第2の活性層は、ともに40nm以下の単層膜から成ることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】前記第1及び第2の活性層は、一方の活性層が量子井戸層厚の総和が40nm以下の単一又は多重量子井戸構造を有し、他方の活性層が40nm以下の単層膜から成ることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】前記第1及び第2の活性層は、ともに量子井戸層厚の総和が40nm以下の単一又は多重量子井戸構造を有することを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】1回の不純物拡散工程において、前記第1及び第2の活性層の前記端面近傍部分に同時に不純物を拡散することにより、該第1及び第2の発振波長を有する活性層の拡散領域が、それぞれ第1及び第2の発振波長のレーザ光に対して非吸収領域となるように形成され

2

たことを特徴とする請求項2乃至5のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項7】前記第1の活性層が、GaAs、AlAs又はGaAlAsのうち少なくとも一つを含み、あるいはこれらを組み合わせた多層構造を有し、
前記第1の半導体レーザ構造体のクラッド層が、InAlP又はInGaAlPを含み、
前記第2の活性層が、InGaP、又はInGaAlPを含み、あるいはこれらを組み合わせた多層構造を有し、

前記第2の半導体レーザ構造体のクラッド層が、InAlP又はInGaAlPを含むことを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項8】前記第1、第2の半導体レーザ構造体の各々のクラッド層が、組成が同一で、かつ厚さが略同一であることにより、Znの拡散速度が略同一となり、リッジのエッチング制御性が略同一であることを特徴とする請求項2又は7記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】電流をリッジストライプ部に狭窄するための電流ブロック層として、低濃度不純物層と、第1導電型の高濃度不純物層とを含み、
該低濃度不純物層と、前記第1、第2の半導体レーザ構造体のそれぞれのクラッド層とは接しており、かつ該界面に大きなヘテロバリアが存在し、このヘテロバリアにより電流が遮断されることによって、前記リッジストライプ部に電流が狭窄されることを特徴とする請求項2又は7記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】前記第1の半導体レーザ構造体と前記第2の半導体レーザ構造体とを電気的に絶縁するために、
前記第1の半導体レーザ構造体と前記第2の半導体レーザ構造体との間に、前記第1導電型の半導体基板中に達するまでの分離溝が形成されており、
前記第1、第2の半導体レーザ構造体の側面、及び前記半導体基板中に形成された不純物拡散領域が、該溝の形成により除去されることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項11】前記第1の発振波長は750～850nm帯であり、前記第2の発振波長は630～690nm帯であることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ装置。

【請求項12】第1導電型の半導体基板上に、第1導電型の第1のクラッド層、第1の発振波長を有する第1の活性層、第2導電型の第2のクラッド層を少なくとも有する第1の半導体レーザ構造体をストライプ状に形成する工程と、
第1導電型の第3のクラッド層、第2の発振波長を有する第2の活性層、第2導電型の第4のクラッド層を少なくとも有する第2の半導体レーザ構造体をストライプ状に形成する工程と、

(3)

3

前記第1、第2の半導体レーザ構造体と直交するように不純物拡散領域を形成して該不純物拡散領域中の前記第1及び第2の活性層のバンドギャップをそれぞれ実行的に大きくすることにより第1および第2の発振波長に対して非吸収領域を形成する工程と、

前記第1、第2の半導体レーザ構造体にそれぞれ前記ストライプ方向と平行に第1及び第2の電流狭窄構造を形成して第1及び第2の半導体レーザ構造体の導波路を形成する工程と、

前記第1、第2の半導体レーザ構造体を電氣的に素子分離する工程と、

前記不純物拡散領域を劈開することにより、前記第1、第2の導波路に垂直な劈界面をレーザ共振器のミラーとして形成する工程と、
を備えることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項13】前記第1、第2の半導体レーザ構造体と直行するように不純物拡散領域を形成して該不純物拡散領域中の前記第1、第2の活性層のバンドギャップをそれぞれ実行的に大きくすることにより第1および第2の発振波長に対して非吸収領域を形成する工程において、

前記不純物拡散領域の形成を、ZnO膜をZn拡散源とするZnの固相拡散を用いて行うことを特徴とする請求項12記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項14】前記第1、第2の半導体レーザ構造体と直行するように不純物拡散領域を形成して該不純物拡散領域中の前記第1、第2の活性層のバンドギャップをそれぞれ実行的に大きくすることにより第1および第2の発振波長に対して非吸収領域を形成する工程において、前記不純物拡散領域の形成を、高濃度にZnがドーパされたGaAs膜をZn拡散源とするZnの固相拡散を用いて行うことを特徴とする請求項12記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項15】前記GaAs膜は、有機金属気相成長法により成膜され、成膜中もしくは成膜直後の熱処理により、前記GaAs膜から該Znがその直下の活性層まで拡散することを特徴とする請求項14記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ装置及びその製造方法に係わり、特にデジタルビデオディスクや光磁気ディスク等の光情報処理機器の光源として用いられる可視光半導体レーザ装置及びその製造方法として好適なものに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、DVD-RAM (Digital-Versatile-Disk-Random-Access-Memory) システムにおける光ディスクの書き込み用光源として、30mW以上の高出力の650～660nm帯の可視光半導体レーザが要求

4

されている。

【0003】しかしながら、この波長帯の半導体レーザでは、一度だけ書き込み可能な780nm帯の半導体レーザを用いるCD-Rシステムとしては、波長が短すぎて光ディスクを読み取ることができなかった。

【0004】これまでに、情報を記録する光ディスクが安価であることから、CD-Rシステムは情報を蓄積することが可能な光ディスクとして広く普及してきた。従って、今後DVD-RAMが広く普及するためには、CD-Rの光ディスクを読み込むことが可能である必要がある。従って、DVD-RAM用の780nm帯と、CD-R用の660nm帯との両光源を備えることが望ましい。

【0005】従来は、両光源の半導体レーザをそれぞれ別のチップで構成していた。このため、光源を用いて光ピックアップを構成する際に、光学系もそれぞれ独立して構成する必要があり、装置全体の面積が増大していた。

【0006】また、CD-Rの光ディスクを読み込むだけでなく、CD-RやCD-R/Wの光ディスクへの書き込みも可能なように、780nm帯の光源に対しては高出力動作も要求される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来はDVD-RAM用の光源とCD-R用の光源とを別チップで構成しており、装置全体の面積が大きいという問題があった。

【0008】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、両光源を同一チップ上にモノリシックに搭載し、かつ光ディスクへの書き込みを行うことができるように高出力動作が可能な半導体レーザ装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、半導体基板上に形成され、第1の発振波長を有する第1の半導体レーザ構造体と、前記半導体基板上に形成され、第2の発振波長を有する第2の半導体レーザ構造体とを備え、前記第1、第2の半導体レーザ構造体のそれぞれのレーザ出力端面が、不純物拡散により無秩序化して、前記第1及び第2の発振波長のレーザ光に対して非吸収領域となっていることを特徴とする。

【0010】また、本発明の半導体レーザ装置は、第1の導電型の半導体基板と、前記半導体基板上に形成された第1の導電型の第1のクラッド層と、前記第1のクラッド層上に形成された第1の発振波長を有する第1の活性層と、前記第1の活性層上に形成された第2の導電型の第2のクラッド層と、第1のストライプ状の電流狭窄構造とを少なくとも有する第1の半導体レーザ構造体と、前記半導体基板上に形成された第1の導電型の第3のクラッド層と、前記第3のクラッド層上に形成された

(4)

5

第2の発振波長を有する第2の活性層と、前記第2の活性層上に形成された第2の導電型の第4のクラッド層と、第2のストライプ状の電流狭窄構造とを少なくとも有する、前記第1の半導体レーザ構造体とモノリシックに形成された第2の半導体レーザ構造体と、前記第1及び第2のストライプ状の電流狭窄構造に垂直なレーザ端面近傍において、前記第1及び第2の活性層が不純物拡散により実効的にバンドギャップが大きくなることにより、前記第1及び第2の発振波長に対して非吸収領域となる窓構造を有することを特徴とする。

【0011】ここで、前記第1及び第2の活性層が、ともに40nm以下の単層膜から成るものであってよい。

【0012】あるいは、前記第1及び第2の活性層は、一方の活性層が量子井戸層厚の総和が40nm以下の単一又は多重量子井戸構造を有し、他方の活性層が40nm以下の単層膜から成るものであってよい。

【0013】あるいはまた、前記第1及び第2の活性層は、ともに量子井戸層厚の総和が40nm以下の単一又は多重量子井戸構造を有するものであってよい。

【0014】1回の不純物拡散工程において、前記第1及び第2の活性層の前記端面近傍部分に同時に不純物を拡散することにより、該第1及び第2の発振波長を有する活性層の拡散領域が、それぞれ第1及び第2の発振波長のレーザ光に対して非吸収領域となる窓構造となるように形成されるように構成してもよい。

【0015】前記第1の活性層が、GaAs、AlAs又はGaAlAsの少なくとも1つを含み、あるいはこれらを組み合わせた多層構造を有し、前記第1の半導体レーザ構造体のクラッド層が、InAlP又はInGaAlPを含み、前記第2の活性層が、InGaP、又はInGaAlPを含み、あるいはこれらを組み合わせた多層構造を有し、前記第2の半導体レーザ構造体のクラッド層が、InAlP又はInGaAlPを含むものであってもよい。

【0016】前記第1、第2の半導体レーザ構造体の各々のクラッド層が、組成が同一で、かつ厚さが略同一であることにより、Znの拡散速度が略同一となり、リッジのエッチング制御性が略同一であってもよい。

【0017】電流をリッジストライプ部に狭窄するための電流ブロック層として、低濃度不純物層と、第1導電型の高濃度不純物層とを含み、該低濃度不純物層と、前記第1、第2の半導体レーザ構造体のそれぞれのクラッド層とは接しており、かつ該界面に大きなヘテロバリアが存在し、このヘテロバリアにより電流が遮断されることによって、前記リッジストライプ部に電流が狭窄されることもできる。

【0018】前記第1の半導体レーザ構造体と前記第2の半導体レーザ構造体とを電氣的に絶縁するために、前記第1の半導体レーザ構造体と前記第2の半導体レーザ構造体との間に、前記第1導電型の半導体基板中に達す

6

るまでの分離溝が形成されており、前記第1、第2の半導体レーザ構造体の側面、及び前記半導体基板中に形成された不純物拡散領域が、該溝の形成により除去されることも可能である。

【0019】前記第1の発振波長が750～850nm帯であり、前記第2の発振波長が630～690nm帯であつてもよい。

【0020】本発明の半導体レーザ装置の製造方法は、第1導電型の半導体基板上に、第1導電型の第1のクラッド層、第1の発振波長を有する第1の活性層、第2導電型の第2のクラッド層を少なくとも有する第1の半導体レーザ構造体をストライプ状に形成する工程と、第1導電型の第3のクラッド層、第2の発振波長を有する第2の活性層、第2導電型の第4のクラッド層を少なくとも有する第2の半導体レーザ構造体をストライプ状に形成する工程と、前記第1、第2の半導体レーザ構造体と直交するように不純物拡散領域を形成して該不純物拡散領域中の前記第1及び第2の活性層のバンドギャップをそれぞれ実行的に大きくすることにより第1および第2の発振波長に対して非吸収領域となる窓構造を形成する工程と、前記第1、第2の半導体レーザ構造体にそれぞれ前記ストライプ方向と平行に第1及び第2の電流狭窄構造を形成して第1及び第2の半導体レーザ構造体の導波路を形成する工程と、前記第1、第2の半導体レーザ構造体を電氣的に素子分離する工程と、前記不純物拡散領域を劈開することにより、前記第1、第2の導波路に垂直な劈界面をレーザ共振器のミラーとして形成する工程とを備えることを特徴とする。

【0021】ここで、窓構造を形成する工程において、前記不純物拡散領域の形成を、ZnO膜をZn拡散源とするZnの固相拡散を用いて行つてもよい。

【0022】あるいは、窓構造を形成する工程において、前記不純物拡散領域の形成を、高濃度にZnがドーブされたGaAs膜をZn拡散源とするZnの固相拡散を用いて行つてもよい。

【0023】前記GaAs膜は、有機金属気相成長法により成膜され、成膜中もしくは成膜直後の熱処理により、前記GaAs膜から該Znがその直下の活性層まで拡散することもできる。

【0024】このように、二波長帯の半導体レーザを一チップ上に作成することにより、光学系が一系統に共有化されて装置全体の面積が縮小される。また、それぞれのレーザ面を共に窓構造とすることにより高出力動作が可能となり、DVD-RAM用およびDC-R用の光ディスクへの書き込みを行うことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0026】先ず、第1の実施の形態による半導体レーザ装置の構成及びその製造方法について図1～図5を用

(5)

7

いて述べる。ここで、各図はチップを単位とする素子の工程別縦断面を示すものとする。

【0027】図1(a)に示されたように、 n -GaAs基板1上に、厚さ $0.1\mu\text{m}$ の n -GaAsバッファ層2、厚さ $1.1\mu\text{m}$ の n -In $_{0.5}$ (Ga $_{0.3}$ Al $_{0.7}$)0.5Pクラッド層2、厚さ 15nm のGa $_{0.87}$ Al $_{0.13}$ As活性層4、厚さ $1.1\mu\text{m}$ の p -In $_{0.5}$ (Ga $_{0.3}$ Al $_{0.7}$)0.5Pクラッド層5、厚さ 50nm の p -In $_{0.5}$ Ga $_{0.5}$ P通電容易層6を、有機金属気相成長法(以下、MOCVD法という)により順次成長する。

【0028】この後、各層2~6が約 $100\mu\text{m}$ の幅で残るように、幅が約 $100\mu\text{m}$ のストライプ状のシリコン酸化膜7を形成する。このシリコン酸化膜7をマスクとして層2~6にウェットエッチング等を行い、図1(b)に示されたようにストライプ状の第1の半導体レーザ構造体8を形成する。

【0029】この第1の半導体レーザ構造体8は、CD-R用に 780nm 帯の発振波長で発振する半導体レーザを提供するためのものである。

【0030】この後、シリコン酸化膜7を除去する。第1の半導体レーザ構造体8の成膜と同様に、図1(c)に示されたように、厚さ $0.1\mu\text{m}$ の n -GaAsバッファ層9、厚さ $1.1\mu\text{m}$ の n -In $_{0.5}$ (Ga $_{0.3}$ Al $_{0.7}$)0.5Pクラッド層10、厚さ 5nm の多重量子井戸活性層11、厚さ $1.1\mu\text{m}$ の p -In $_{0.5}$ (Ga $_{0.3}$ Al $_{0.7}$)0.5Pクラッド層12、厚さ 50nm の p -In $_{0.5}$ Ga $_{0.5}$ P通電容易層13を、MOCVD法により順次成長する。

【0031】ここで、活性層11は図5(c)に示されたように、厚さ 5nm の3層構造のIn $_{0.59}$ Ga $_{0.49}$ P井戸層29a、29b、29c、厚さ 5nm で2層構造のIn $_{0.5}$ (Ga $_{0.5}$ Al $_{0.5}$)0.5P障壁層30a、30bを有する多重量子井戸構造を、厚さ 30nm のIn $_{0.5}$ (Ga $_{0.5}$ Al $_{0.5}$)0.5P光ガイド層28、31で挟んだ構造を有している。

【0032】この後、第1の半導体レーザ構造と同様に、各層9~13が約 $100\mu\text{m}$ の幅で残るように、幅が約 $100\mu\text{m}$ のストライプ状のシリコン酸化膜14を形成する。このシリコン酸化膜7をマスクとして層9~13にウェットエッチング等を行う。これにより、図1(d)に示されたようにストライプ状の第2の半導体レーザ構造体15を形成する。

【0033】この第2の半導体レーザ構造15は、DVD-RAM用に 660nm 帯の発振波長で発振する半導体レーザを提供するためのものである。

【0034】この後、シリコン酸化膜14を除去する。図2(a)に示されたように、ストライプ状の第1および第2の半導体レーザ構造体8、15に対して直交する方向にストライプ状の形状を有するシリコン酸化膜16を形成する。

8

【0035】図2(a)におけるA-A線に沿う縦断面を図2(b)に示す。第2の半導体レーザ構造体15の縦断面構造は、活性層11を除いて第1の半導体レーザ構造体8と同様である。

【0036】この後、図2(c)に示されたように、シリコン酸化膜16をマスクとして用いて、高濃度にZnをドーピングしたGaAs膜17を約 $3\mu\text{m}$ の厚さにMOCVD法により選択成長する。ここで、図2(c)におけるA-A線に沿う縦断面を図2(d)に示す。尚、シリコン酸化膜16をマスクとした選択成長が完全に行われず、シリコン酸化膜16上にGaAs膜17が堆積しても差し支えない。

【0037】GaAs膜17を成長した後、原料の供給を停止した状態で、結晶成長装置の水素雰囲気中で熱処理を行う。この熱処理により、Znが高濃度にドーピングされたGaAs膜17から、第1、第2の半導体レーザ構造体8、15の活性層4及び11をそれぞれ突き抜けて、それぞれの n -In $_{0.5}$ (Ga $_{0.3}$ Al $_{0.7}$)0.5Pクラッド層3、10までZnが拡散し、Zn拡散領域18を形成する。

【0038】このZnの拡散により、第1および第2の半導体レーザ構造体のそれぞれの活性層4、11は、活性層4、11と、活性層4、11を挟むクラッド層3及び5、10及び12の間で混晶化が進み、バンドギャップが増大する。

【0039】このバンドギャップの増加量は、フォトルミネッセンス(以下、PLという)の短波長化への波長シフト量として確認することができる。Znの拡散量が多いほど、活性層4、11とその上下のクラッド層3及び5、10及び12との間での混晶化が進む。この結果、クラッド層3及び5、10及び12から拡散した元素が活性層4、11に取り込まれることにより、バンドギャップが大きくなる方向に組成変化がもたらされ、PL波長シフト量が大きくなる。

【0040】本実施の形態では、Znの拡散量は、高濃度にZnをドーピングしたGaAs膜17を成長するときの成長温度や成長時間、GaAs膜17の膜厚、GaAs膜17へのZnドーピング量、及び成長後に反応装置内で行う熱処理等により容易に制御することができる。このうち、Znのドーピング量によりZn拡散量を制御する手法が、最も制御性が良好である。

【0041】また、シリコン酸化膜等の誘電体膜をマスクとして選択成長することにより、シリコン酸化膜以外の領域だけを選択的にZn拡散させることができる。

【0042】本実施の形態では、第1、第2の半導体レーザ構造体のそれぞれのクラッド層3及び5、10及び12の組成と厚さが同一に設定されている。よって、活性層4、11に達するZnの拡散量はほぼ同一となる。

【0043】しかしながら、第1、第2の半導体レーザ構造体における活性層4、11の組成と膜厚は異なって

(6)

9

いる。よって、活性層4、11におけるPL波長のシフト量は必ずしも同一とはならない。本実施の形態では、活性層4、11からクラッド層3及び12に約0.3 μ mの深さまでZnが拡散するように、Znの拡散条件を設定している。このときの第1、第2の半導体レーザ構造体のPL波長シフト量は、それぞれ約50nm、30nmである。Znの拡散部が窓構造として十分機能するためには、Zn拡散によるPL波長シフト量が10nm以上であれば十分である。

【0044】ここで、実験により確認したことを以下に述べる。同じ量だけZnが拡散した場合、活性層が薄いほどクラッド層と活性層との間での無秩序化による活性層の組成変動は大きくなるので、PL波長のシフト量は大きくなる。

【0045】また、活性層の厚さが同じである場合は、活性層とクラッド層とのバンドギャップ差が大きいほどクラッド層と活性層との間での無秩序化による活性層の組成変動は大きくなり、PL波長シフト量も大きくなる。

【0046】さらに、クラッド層の厚さが薄いほど活性層に達するZn拡散量が大きくなる。よって、活性層とクラッド層との間での無秩序化が進んで組成変動が増加し、PL波長シフト量が大きくなる。

【0047】本実施の形態では、第1、第2の半導体レーザ構造体において同じ厚さでかつ同じIn0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pの組成でクラッド層を構成している。このため、両波長帯のレーザに同時にZn拡散を施した場合、それぞれのレーザの活性層に達するZn拡散量をほぼ同一にすることが出来る。これにより、両者ともに10nm以上のPL波長シフト量が得られた。

【0048】特に、In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pをクラッド層に用いたときは、上記実施の形態では、780nm帯レーザには15nmのGa0.87Al0.13Asを、図5(c)に示されたように、650nm帯レーザでは5nmの3層のIn0.59Ga0.41P井戸層29a~29c及び厚さ5nmの2層のIn0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P障壁層30bからなる多重量子井戸構造を、厚さ30nmのIn0.5(Ga0.5Al0.5)0.5P層28および31で挟んだ構造をそれぞれ活性層とした。

【0049】780nm帯レーザでは、Ga0.87Al0.13Asを40nm以下とすることにより、また650nm帯レーザでは活性層を多重量子井戸構造ではなく単層のIn0.5Ga0.5Pとして厚さを30nm以下とすることにより、それぞれの活性層で10nm以上の拡散によるPL波長シフト量を得ることが可能である。

【0050】また、780nm帯レーザにおいても、650nm帯レーザと同様に活性層を多重量子井戸構造とすることによって混晶時の組成が上昇する。よって、単層構造と比較して10nm以上の拡散によるPL波長シフト量を容易に得ることができる。

10

【0051】本実施の形態では、780nm帯レーザのクラッド層にIn0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P層を用いているが、替わりにGaAlAs層を用いても良い。

【0052】ただし、この場合In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P層よりもバンドギャップエネルギーが低いAl組成にすると、拡散時のPL波長シフト量が小さくなる。よって、これに応じて活性層を40nm以下にすることで、In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5P層の場合と同程度の拡散時のPL波長シフト量が得られる。例えば、一例として活性層をGa0.87Al0.13As、クラッド層をGa0.5Al0.5Asとした場合、活性層厚を30nmにすることにより拡散時のPL波長シフト量は10nm以上得られる。

【0053】次に、図2(c)及び(d)のZn拡散工程後、図3(a)及び(b)に示したように、高濃度にZnがドーピングされたGaAs膜17をエッチングにより取り除き、780nm帯レーザ及び650nm帯レーザの通電容易層6及び13のうち、シリコン酸化膜16から成るマスクから露出している部分を除去する。

【0054】この後、図3(c)、及び図3(c)のA-A線に沿う縦断面を示す図3(d)に示したように、シリコン酸化膜16から成るマスクを除去した後に、ストライプ状の780nm帯レーザ構造体及び650nm帯レーザ構造体上に、幅約4 μ mのストライプ状のシリコン酸化膜19及び20から成るマスクを形成する。

【0055】図4(a)に示したように、これをマスクにして、ウェットエッチング等によりp-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層5及び12を活性層から約0.2 μ mの位置までリッジ型にエッチングする。

【0056】この後、図4(b)に示したように、シリコン酸化膜から成るリッジストライプ形成用マスク19及び20を用いて低キャリア濃度(例えば、 $n \sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$)のn-GaAs層21を約1 μ m選択成長させ、さらに高キャリア濃度(例えば、 $n \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$)のn+-GaAs層22を約1 μ mの厚さで電流ブロック層23として有機金属気相成長法により選択成長する。

【0057】図4(c)に示すように、マスク19及び20を除去した後、有機金属気相成長法によりp-GaAsコンタクト層24を約3 μ m成長し、p電極25及びn電極26を形成する。

【0058】図5(a)及び図5(a)のA-A線に沿う縦断面を示す図5(b)に示すように、780nm帯レーザ構造体と650nm帯レーザ構造体を分離するための溝27とチップ分離のための溝32とをウェットエッチングやRIE(Reactive Ion Etching)及びECR(Electron Cyclotron Resonance)等のドライエッチングにより形成する。

【0059】ただし、素子分離溝27及びチップ分離溝32の形成は、n-GaAs基板1中のZn拡散領域3

50

(7)

11

3とそれぞれのレーザ構造部の両側面のZn拡散領域34を完全に除去して電氣的に絶縁させるまで行う必要がある。

【0060】最後に、Zn拡散領域18のほぼ中央で780nm帯レーザ構造体と650nm帯レーザ構造体のそれぞれの導波路に垂直にへき開し、かつ、780nm帯レーザ構造体と650nm帯レーザ構造体を含むようにチップ分離溝32で分割することにより、一チップの二波長窓構造半導体レーザを得ることができる。

【0061】尚、780nm帯レーザ構造体と650nm帯レーザ構造体の発光点間隔、両レーザ間の分離溝の幅、レーザの共振器長、端面からのZn拡散による窓領域の幅等は、自由に設定することができる。

【0062】上記実施の形態では、リッジストライプ形成用のシリコン酸化膜から成るマスク19及び20の間隔を100 μ mピッチにすることにより、両レーザの発光点間隔を約100 μ m、p電極25上に幅50 μ mの開口部を有するマスクを用いることにより分離溝の幅を約50 μ mとし、図2(b)でストライプ状のマスク16を幅が860 μ mで40 μ mの隙間をあけて形成することにより、共振器長が900 μ mで窓領域が両端面で約20 μ m幅の窓構造を持つ1チップ二波長窓構造半導体レーザを得ている。

【0063】なお、チップ分離溝32の幅は、チップ幅やチップ分離法に応じて適当な幅に設定することができる。

【0064】本実施の形態により得られた二波長窓構造半導体レーザは、両波長帯のレーザの端面部が窓構造となっている。このため、各々のレーザ光を相互に吸収することがない。同時に、p-In0.5Ga0.5P通電容易層6及び13が窓構造部で取り除かれている。よって、p-GaAsコンタクト層24と、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層5および12の間の大きなヘテロバリアにより端面を流れるリーク電流は完全に遮断される。従って、光学損傷(COD)を全く起こさない。

【0065】本実施の形態では、コンタクト層24とクラッド層5及び12との間の大きなヘテロ障壁を低減するために、通電容易層としてp-In0.5Ga0.5Pを用いている。しかし、p-GaAsコンタクト層24とクラッド層5及び12とのほぼ中間的なバンドギャップを持つものであれば、GaAlAs等の他の層でもほぼ同様な作用が生じる。

【0066】また、本実施の形態では、電流ブロック層23に低キャリア濃度(例えば、 $\sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$)のn-GaAs層21を約1 μ m、また高キャリア濃度(例えば、 $n \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$)のn+-GaAs層22を約1 μ m用いている。これにより、電流ブロック層における静電容量を大きく減少させることができ、1GHz程度まで高周波重畳動作が可能となる。

12

【0067】なお、低キャリア濃度(例えば $n \sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$)のn-GaAs層21の替わりに低キャリア濃度のp-GaAs(例えば $p \sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$)を約1 μ m形成しても同様に1GHz程度までの高周波重畳が可能である。

【0068】さらに、本実施の形態では、低キャリア濃度のn-GaAs層21が直接それぞれの波長帯の半導体レーザのp-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層5及び12と接している。これにより、両者の界面において大きいヘテロバリアが存在し、リッジ両サイドをリークする電流を阻止することができる。

【0069】このことは、n-GaAs層21の替わりに低キャリア濃度のp-GaAs(たとえば、 $p \sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$)を用いた場合も同様である。

【0070】また、高周波重畳動作をしない場合は、電流ブロック層23を高キャリア濃度(例えば、 $n \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$)の約1 μ mのn+-GaAs層22だけとしても無論差し支えない。

【0071】端面をへき開したままの状態での特性を測定したところ、650nm帯レーザでは、室温連続動作で約70mWの光出力が得られた。780nm帯レーザでは、約90mWの光出力が得られた。

【0072】ただし、チップ端面に反射膜を形成していないので、低い光出力ではキンクが発生する。また、いずれの波長帯のレーザも、光出力が熱的に飽和することによって制限される。これは、光学損傷(以下、CODという)によるものではない。

【0073】窓構造を有していないレーザでは、いずれの波長帯のレーザでも20mW付近でCODを起こしてしまっていた。

【0074】これに対し、上記実施の形態では窓構造を有することにより、CODが発生することなく、二波長の窓構造半導体レーザを一回のZn拡散工程で一チップ上にチことが可能である。

【0075】本実施の形態では、二波長レーザが形成されたチップの前端面と後端面とはへき開のままとしている。よって、50mW以下の光出力でキンクが発生する。そこで、両波長に関してそれぞれ反射率が前面で約10%、後面で約90%になるような反射層構造を設けることにより、両波長のレーザに対してキンクを起こすことなく、50mW以上の光出力を得ることが可能である。

【0076】本発明の第2の実施の形態による半導体レーザ装置の製造方法について、以下に説明する。

【0077】図6(a)に示されたように、上記第1の実施の形態と同様にストライプ状の780nm帯レーザの構造体36と、ストライプ状の650nm帯レーザの構造体15を形成し、Zn拡散工程でマスクとなるシリコン酸化膜から成るマスク16を第1の実施の形態と同様に形成する。

(8)

13

【0078】このときの780nm帯レーザの構造体36のB-B線に沿う縦断面を図6(b)に示す。650nm帯のレーザの構造体15に関しては、上記第1の実施の形態と同様であるため説明を省略する。

【0079】780nm帯レーザの構造体36において上記第1の実施の形態と異なる点は、この活性層35を図9(c)に示したように、7.5nmのGa0.9Al0.1As井戸層40a及び40bと、5nmのGa0.6Al0.4As障壁層41からなる多重量子井戸構造を30nmのGa0.6Al0.4Asから成る第1の光ガイド層39と第2の光ガイド層42とではさんだ構造とした点である。

【0080】本実施の形態では、活性層の井戸層の厚さの総和が、上記第1の実施の形態における活性層の厚さと同じであるので、Zn拡散によるPL波長シフト量は上記第1の実施の形態とほぼ同様である。

【0081】また、多重量子井戸構造とした場合でも、量子井戸層の層厚の総和が40nm以下であれば、Zn拡散による10nm以上のPL波長シフト量を得ることができる。

【0082】本実施の形態では、上述したように650nm帯レーザにおける活性層は上記第1の実施の形態におけるものと同一構造とした。第1の実施の形態と同様に、650nm帯レーザの活性層は厚さが30nm以下であれば、In0.5Ga0.5P等の単層構造を用いてもよい。また、各量子井戸層の厚さの総和が30nm以下である場合は、他の構造の多重量子井戸構造であってもZn拡散によってPL波長が短波長化する。

【0083】図6(c)、図6(c)のB-B線に沿う縦断面を示す図6(d)に示されたように、シリコン酸化膜から成るマスク16で覆われていない部分に、選択的にZn拡散源としての、高濃度にZnをドーピングしたGaAs膜17を、上記第1の実施の形態と同様に形成する。この後、熱処理を行い、シリコン酸化膜から成るマスク16が存在しない個所に選択的にZnを拡散させる。このときの、780nm帯レーザ構造体36の活性層35、および650nm帯レーザ構造体15の活性層11のZn拡散によるPL波長シフト量は、上記第1の実施の形態とほぼ同様である。

【0084】ここで、上記第1の実施の形態と同様に、Zn拡散源として、ZnO、ZnSe、ZnS、ZnSSe等の材料を用いてもかまわない。ZnOは、プラズマCVD法やスパッタリング法等で成膜してもよい。ZnSSe系の材料に関しては、有機金属気相成長法や分子線エピタキシ法等により成膜が可能である。

【0085】また、成膜後に行う熱処理は、有機金属気相成長法等の気相成長法を用いている場合は、そのまま反応室内で行うことが出来る。プラズマCVD法のように、成膜後にそのまま反応室内で熱処理が出来ない場合は、別のアニール炉等において熱処理を行い、Zn拡散

14

を引き起こせばよい。

【0086】この後、図7(a)及び図7(a)のB-B線に沿う縦断面を示した図7(b)に示したように、上記第1の実施の形態と同様にZn拡散源としてのGaAs17を取り除く。上記第1の実施の形態では、この後Zn拡散部のp-In0.5Ga0.5P通電容易層6及び13をマスク16を用いて選択的に除去する。これに対し、本実施の形態では除去せずに残存させる。

【0087】この後、図7(c)及び図7(c)のB-B線に沿う縦断面を示した図7(d)に示したように、マスク16を取り除いた後、導波路形成のためのストライプ状マスク37及び38を形成する。

【0088】このストライプ状マスク37および38を用いて、図8(a)及び図8(a)のB-B線に沿う縦断面を示した図8(b)に示したように、p-In0.5(Ga0.3Al0.7)0.5Pクラッド層5及び12を、それぞれ活性層35及び11から0.2μmの位置までストライプ状にエッチング除去し、その後、マスク37及び38のうちZn拡散領域部を取り除く。

【0089】この後、図8(c)及び図8(c)のB-B線に沿う縦断面を示した図8(d)に示したように、上記第1の実施の形態と同様に、マスク37および38をマスクとして、低キャリア濃度(例えば、 $n \sim 5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$)のn-GaAs層21を約1μm及び高キャリア濃度(例えば、 $n \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$)のn-GaAs層22を約1μmを電流ブロック層23として選択成長する。

【0090】このとき、Zn拡散部に、電流ブロック層23が存在する点が上記第1の実施の形態と異なる。

【0091】さらに、第1の実施の形態と同様に、図9(a)及び(b)に示したようにp電極25及びn電極26を形成した後、分離溝27及び32を形成する。この分離溝32で切断し、かつZn拡散部でへき開することにより、へき開部が窓構造のミラーとなった二波長レーザが形成される。

【0092】ここで、二波長レーザの共振器長、各レーザのストライプ幅及び各レーザの発光点距離などは、第1の実施の形態と同様に自由に設定することができる。

【0093】光出力の調節は、それぞれの発振波長に最適化された反射層構造を二波長レーザチップの前面と後面とに形成することで可能である。

【0094】本実施の形態により得られた二波長レーザチップは、へき開後そのままの状態でも、上記第1の実施の形態とほぼ同様な光出力特性を得ることができた。

【0095】ただし、本実施の形態では、窓構造部分にp-In0.5Ga0.5P通電容易層6及び13が残っており、かつ、二層構造から成る電流ブロック層23が存在する。これにより、リッジ端面で微小なリーク電流が生じる。

【0096】このため、共振器長が900μmの場合、

(9)

15

第1の実施の形態と比較し、室温で20mW動作時に5mA程度の動作電流の上昇をもたらすが、それ以外の特性には影響を与えない。

【0097】また、第1の実施の形態と同様、電流ブロック層を約1 μ mの高キャリア濃度（例えば、 $n \sim 5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ）の $n^+ \text{-GaAs}$ 層22のみで構成してもよい。ただし、この場合には高周波重畳動作を行うことはできない。しかし、分離溝27及び32の幅を、両波長帯のそれぞれのレーザのストライプ幅よりも相対的に大きくすることにより、チップ自体の静電容量を低減することができ、高周波重畳動作が可能となる。

【0098】上記第1、第2の実施の形態によれば、第1及び第2の発振波長を有する活性層が、不純物拡散によって実効的にバンドギャップが大きくなることにより、第1及び第2の発振波長に対して窓構造として1チップ上に二波長帯のレーザ構造体を形成することにより、二つのレーザ構造体の発光点間隔を高い精度に保ちつつ、効率よいプロセスで提供することが可能である。

【0099】また、第1及び第2の半導体レーザ構造体の活性層がともに40nm以下の単層膜から成ることで、両波長帯のレーザの活性層の拡散部において、10nm以上のZn拡散によるPL波長の短波長化が得られ、それぞれの波長帯のレーザ光を相互に吸収することがない。

【0100】このZn拡散部をヘキ開して共振器ミラーとすることにより、両波長帯のレーザを同時に窓構造レーザとして一チップ上に形成することができる。

【0101】第1及び第2の半導体レーザ構造体の活性層のうち、一方の活性層が量子井戸層の厚さの総和が40nm以下の単一もしくは多重量子井戸構造を含んでおり、他方の活性層が40nm以下の単層膜からなる構造とすることにより、同様に一チップ上に容易に二波長窓構造半導体レーザを作製することが出来る。

【0102】第1及び第2の半導体レーザ構造体の活性層がともに、量子井戸層厚の総和が40nm以下の単一もしくは多重量子井戸構造を含んでいる構造とした場合、一チップ上に容易に二波長窓構造半導体レーザを作製することができる。

【0103】1回の不純物拡散工程において、第1及び第2の発振波長を有する活性層の端面近傍部分に同時に不純物を拡散することで、第1及び第2の発振波長を有する活性層の拡散領域をそれぞれ第1及び第2の波長に対して窓構造となるように形成することで製造工程が短縮され、一チップ上に容易に二波長窓構造半導体レーザを得ることができる。

【0104】第1の半導体レーザ構造体の第1の発振波長を有する活性層は、GaAs層、AlAs層、GaAlAs系の材料あるいはこれらを組み合わせた多層構造から成り、第1の半導体レーザ構造体のクラッド層がInAlPもしくはInGaAlP系材料から成り、第2の半導体レーザ構造体の第2の発振波長を有する活性層

16

が、InGaP、InGaAlP系材料あるいはこれらを組み合わせた多層構造からなり、第2の半導体レーザ構造体のクラッド層がInAlPもしくはInGaAlP系材料からなる構造としたことにより、特に780nm帯レーザにおいてZn拡散による活性層のPL波長の短波長化を容易に起こさせる。

【0105】また、両波長帯のレーザのクラッド層の組成と厚さが同じである場合、両波長帯のレーザへのZn拡散がほぼ同程度であるので、一方のレーザだけZn拡散が基板まで達する現象を回避することができる。

【0106】このため、高い歩留まりで一チップ上に二波長の窓構造半導体レーザを作製することができる。

【0107】第1、第2の半導体レーザ構造体のクラッド層をそれぞれ同じInGaAlP系材料にすることにより、両レーザのリジストライプをエッチングにより形成して導波路を作成する場合にもエッチングの進み具合が両レーザでほぼ同じであるので、歩留よく両レーザのリジストライプを形成することが可能である。特に、ウェットエッチングでリジストを形成する場合に第1および第2の半導体レーザ構造体のクラッド層が同時にエッチングされないという不具合を防止することができる。

【0108】さらに、電流をリジストライプ部に狭窄するための電流ブロック層として、低濃度不純物層と第1導電型の高濃度不純物層を含んでおり、該低濃度不純物層と第1及び第2の半導体レーザ構造体のクラッド層とは接しており、かつ該界面に大きなヘテロバリアが存在し、このヘテロバリアにより電流が遮断されることでリジストライプ部に電流が狭窄されるように電流狭窄構造を構成する。

【0109】これにより、電流ブロック層のp-n接合部、もしくは電流ブロック層と両波長帯レーザの第2導電型の第2クラッド層間のp-n接合に形成される静電容量を低減することが出来る。

【0110】この結果、両波長帯のレーザともに高周波重畳動作が可能となり、光ディスクの信号読み取り時のノイズを低減することが可能となる。

【0111】第1、第2の半導体レーザ構造体とを電気的に絶縁するために、第1、第2の半導体レーザ構造体の間に第一導電型の半導体基板中に達するまでの分離溝が形成されており、第1の半導体レーザ構造体の側面、第2の半導体レーザ構造体の側面及び第一導電型の半導体基板中に形成された不純物拡散領域が、溝の形成により取り除かれている構造とすることにより、クラッド層の側面におけるZn拡散領域及び $n\text{-GaAs}$ 基板中のZn拡散領域を伝わって基板まで流れるリーク電流を遮断することができる。

【0112】これら溝により、両波長帯レーザが電気的に絶縁されるのと同時に、二波長レーザを一チップ上に分離するときの分離位置とすることができる、特に、へ

(10)

17

き開により分離するときに都合が良い。

【0113】第一の発振波長が750～850nm帯、第二の発振波長が630～690nmとなるように活性層の構造を選択することにより、一チップでCD用とDVD用、あるいは光磁気ディスクへの書き込み用の光源を一チップで実現することができる。

【0114】上記本発明の半導体レーザは、本発明の製造方法により実現することができる。

【0115】上述した実施の形態は一例であり、本発明を限定するものではない。例えば、上記実施の形態では結晶成長方法として有機金属気相成長法を用いているが、他の結晶成長法を用いても本発明を適用することが可能である。

【0116】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザ装置及びその製造方法によれば、第1及び第2の発振波長を有する活性層が、不純物拡散によって実効的にバンドギャップが大きくなることにより、第1及び第2の発振波長に対して非吸収領域となる窓構造として1チップ上に二波長帯のレーザ構造体を構成することで、二つのレーザ構造体の発光点間隔を高い精度に保ちつつ、効率よいプロセスで提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図2】同第1の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図3】同第1の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図4】同第1の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図5】同第1の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図6】本発明の第2の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図7】同第2の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図8】同第2の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【図9】同第2の実施の形態による半導体レーザの構造及び製造方法を工程別に示した素子の縦断面図。

【符号の説明】

1 n-GaAs 基板

18

2 n-GaAs パッファ層

3 n-In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7}) 0.5P クラッド層

4 780nm帯活性層

5 p-In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7}) 0.5P クラッド層

6 p-In_{0.5}GaP 通電容易層

7 マスク (シリコン酸化膜)

8 780nm帯の半導体レーザ構造

9 n-GaAs パッファ層

10 n-In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7}) 0.5P クラッド層

11 650nm帯活性層

12 p-In_{0.5}(Ga_{0.3}Al_{0.7}) 0.5P クラッド層

13 p-In_{0.5}Ga_{0.5}P 通電容易層

14 マスク (シリコン酸化膜)

15 650nm帯の半導体レーザ構造

16 マスク (シリコン酸化膜)

17 Zn-GaAs

18 Zn 拡散領域

19 780nm帯レーザリッジストライプ形成用マスク

20 650nm帯レーザリッジストライプ形成用マスク

21 n⁻-GaAs

22 n⁺-GaAs

23 電流ブロック層

24 p-GaAs コンタクト層

25 p型電極

26 n型電極

27 分離溝

28 In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5}) 0.5P ガイド層

29 In_{0.5}Ga_{0.5}P 井戸層

30 In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5}) 0.5P 障壁層

31 In_{0.5}(Ga_{0.5}Al_{0.5}) 0.5P ガイド層

32 チップ分離用溝

33 n-GaAs 基板中のZn 拡散部

34 レーザ構造部の両側面のZn 拡散部

35 780nm帯レーザの活性層

36 780nm帯の半導体レーザ構造

37 780nm帯レーザ用マスク

38 650nm帯レーザ用マスク

39 Ga_{0.6}Al_{0.4}As 第1光ガイド層

40 Ga_{0.9}Al_{0.1}As 井戸層

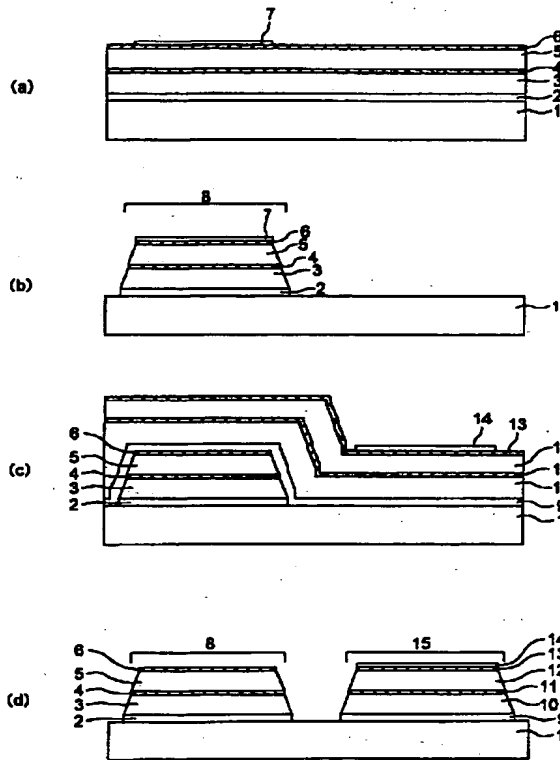
41 Ga_{0.6}Al_{0.4}As 障壁層

42 Ga_{0.6}Al_{0.4}As 第2光ガイド層

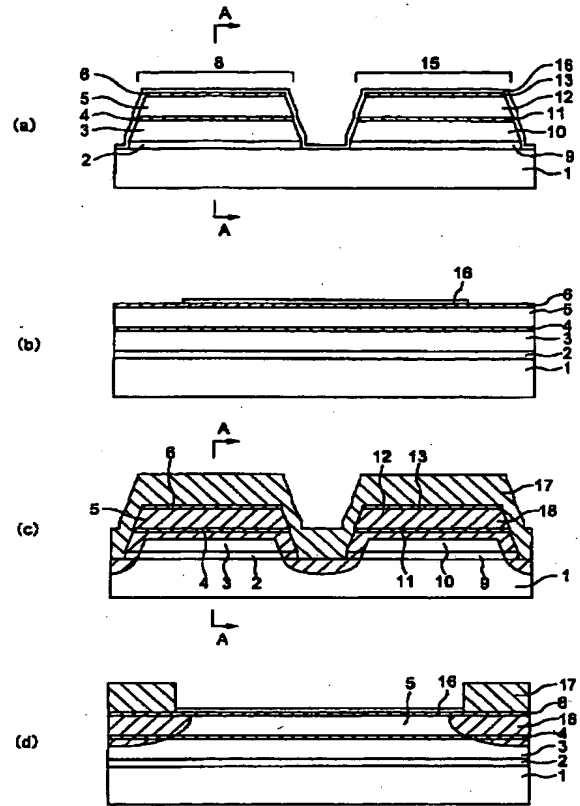
43 多重量子井戸構造

(11)

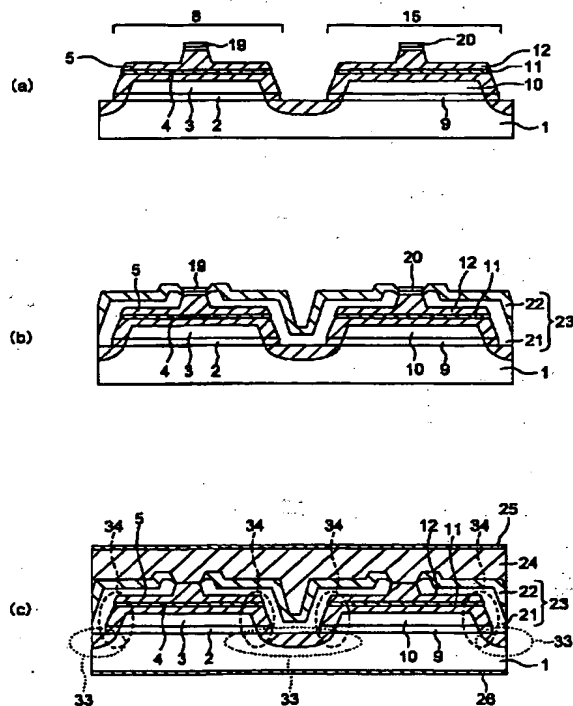
【図1】



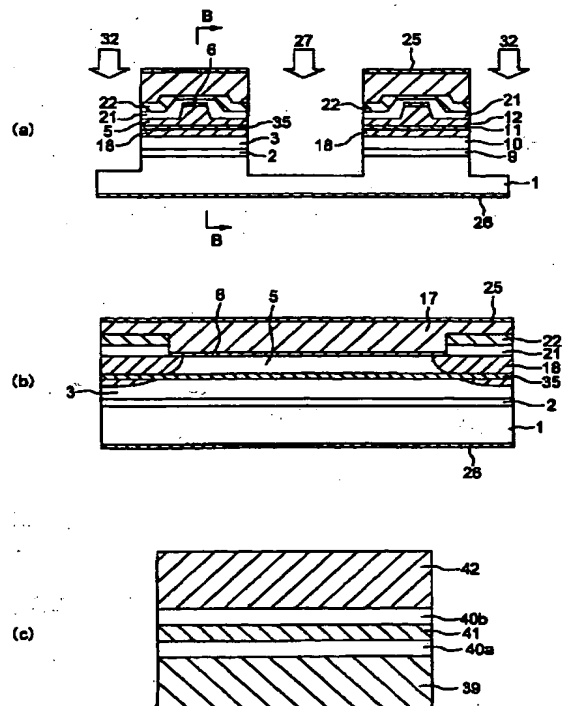
【図2】



【図4】

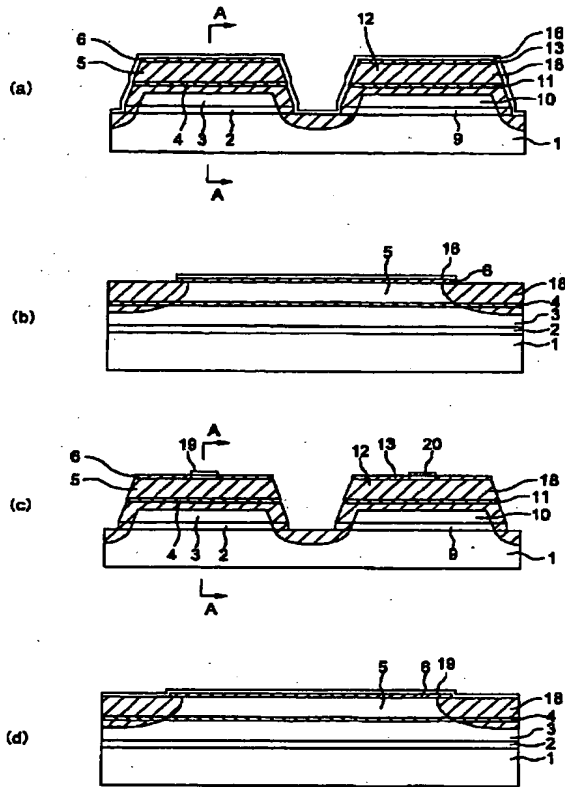


【図9】

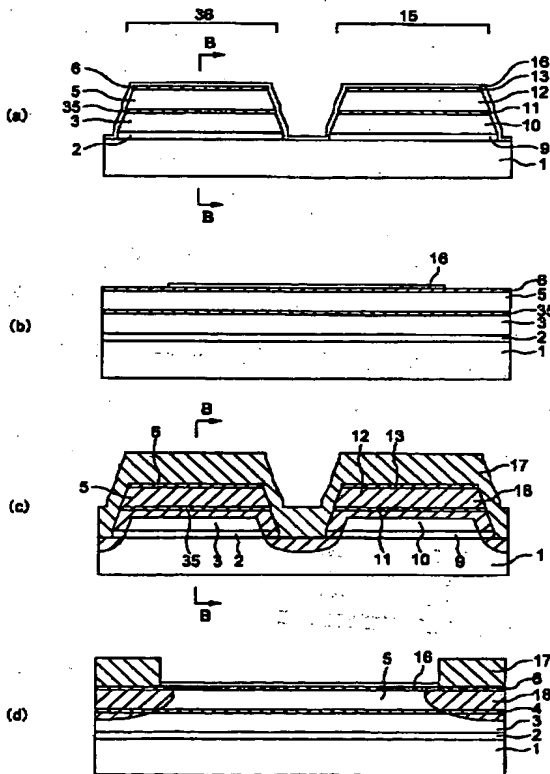


(12)

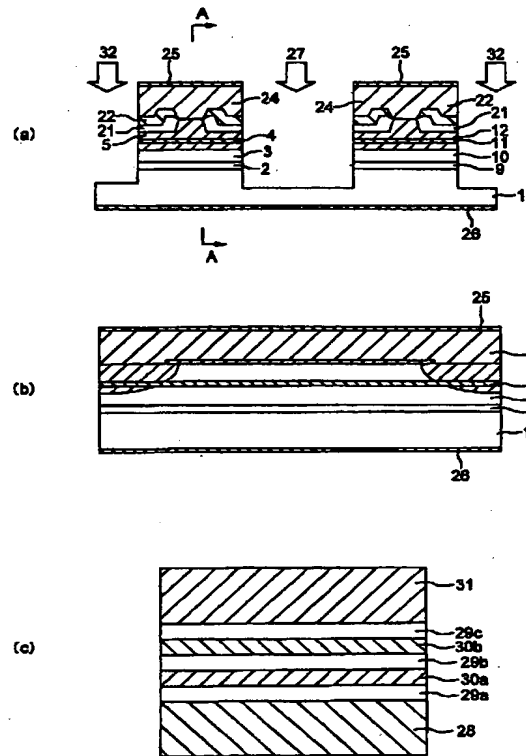
【図3】



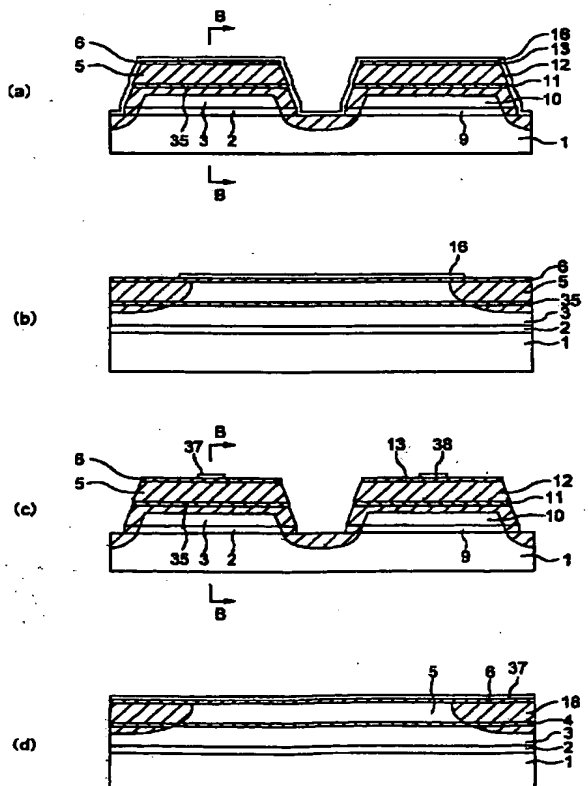
【図6】



【図5】



【図7】



(13)

【図 8】

